



Mission d'appui à l'activité 5 du Projet FERTIPARTENAIRES

Élaboration de systèmes de cultures productifs et durables

**Rapport de mission à Bobo-Dioulasso
(Burkina Faso) 9 -18 novembre 2009**

**Patrice AUTFRAY
UR SCV
CIRAD
Novembre 2009**

Résumé

Les objectifs de cette deuxième mission d'appui aux activités 5 du projet Fertipartenaires :

- particulièrement centrés sur les dispositifs SCV en année 1 (biomasses, itinéraires techniques, matériel, intégration de l'agroforesterie) et les tests d'associations de cultures maïs-légumineuse ;
- une aide à l'exploitation des données 2008 (analyse multi-factorielle sur Mucuna fourrager) ;
- un premier bilan des résultats 2009 en prévision du comité de novembre ;
- prévision de programmation 2010-2011.

Les sites des dispositifs SCV sur la rotation biennale maïs-coton ont été implantés de façon satisfaisante (parcelles sécurisées, homogénéité de sol, diversité de situations) sur les 7 villages avec une parcelle par village de 0.5 ha entourée de grillage.

Par contre la production de biomasse en parcelles maïs-niébé est insuffisante. A ce titre il est conseillé d'utiliser en 2010 le Mucuna associé au maïs sur et de semer du niébé dans le coton sur toutes les parcelles.

Il faudra également corriger le niveau de fertilité des parcelles dans 2 situations sur 7 (hypothèse de déficience en phosphore assimilable sur jachères) et préciser dans certains cas l'insertion d'arbres fruitiers et d'espèces ligneuses en cherchant systématiquement une valorisation économique à la fois à l'intérieur de la parcelle et sur le pourtour de la clôture.

Au niveau des associations de culture maïs-légumineuse (niébé ou mucuna) réalisées en tests annuels, il a été constaté de trop faibles couvertures de sol en raison de densités de semis et de mode de semis non optimisés. Il est conseillé de semer plus dense la légumineuse et au milieu des inter-rangs de manière à favoriser leur développement et de mettre le même niveau de fertilisation sur le témoin et l'association.

L'exploitation des données 2008 sur le Mucuna fourrager a été réalisée au moyen d'une Analyse en Composantes Principales associant aux principales variables quantitatives (densité, date de semis, date de sarclage, rendement, apports d'engrais les 3 années précédentes) d'autres variables qualitatives (village, type de sol, précédent cultural). Il ressort surtout un effet significatif de l'effet fertilisation minérale sur les 3 années précédentes et aussi des effets de la précocité du semis et du sarclage et de la densité de poquets.

La généralisation de ce mode d'analyse est fortement conseillée pour les prochaines campagnes sur l'ensemble du dispositif. Un certain nombre de recommandations ont été faites pour améliorer la qualité des observations qui seront faites.

D'autres appuis ont été apportés notons :

- le choix du matériel de semis-direct à importer du Brésil ;
- le test de broyage en petite motorisation manuelle de résidus de récolte au champ ;
- les modalités de caractérisation *in situ* et d'analyse de sol ;
- la définition de nouvelles activités en 2010 qui associe activités 4 et 5, avec travail en sol sec et fumure organique.

Mots clés : Recherche en partenariat, expérimentation en milieu paysan, SCV, cultures associées, matériel, gestion de la fertilité du sol, légumineuses, maïs

1. Introduction

Le projet Fertipartenaires vise à : « mettre en place un partenariat entre les acteurs de terrain (producteurs, techniciens, administratifs, élus), et les scientifiques pour co-concevoir et mettre en œuvre des innovations agropastorales contribuant à l'amélioration de la viabilité et à la durabilité de leurs exploitations. »

L'activité 5 « Élaboration de systèmes de cultures productifs et durables » comporte différents thèmes :

- travail en sol sec (poursuite des résultats du Projet TERIA) avec la volonté d'étendre l'utilisation de la dent IR12 ;
- l'insertion du Mucuna en tant que culture fourragère stockée ;
- les associations de culture céréales-légumineuses ;
- les systèmes à semis-direct sur couvertures végétales (SCV) ;
- l'agroforesterie.

L'objectif de cette deuxième mission d'appui à cette activité 5 a été à la demande du Projet essentiellement axé sur la pérennisation des SCV et de l'agroforesterie (thèmes associés) mis en place dans les 7 villages en appuyant le responsable de cette activité, Kalifa Coulibaly.

Tableau 1. Calendrier de mission

Date	Lieu	Objet	Personnes	Remarques
9/11/2009	Montpellier-Ouagadougou	Voyage avion	R.Pirot Cirad	Informations sur la filière Jatropha au Burkina
10/11/2009 matin	Ouagadougou-Bobo-Dioulasso	Voyage voiture		
10/11/2009 Après-midi	Bobo-Dioulasso	Précision des attentes du Projet	E.Vall K.Coulibaly	Préoccupations essentielles centrées sur les SCV
11/12/2009	7 villages partenaires du projet	Tournée de terrain	K.Coulibaly Technicien projet	Visites, rencontres et entretiens sur les dispositifs SCV et quelques autres parcelles
12/11/2009				
13/11/2009				
13/11/2009	Bobo	Synthèse tournée	E.Vall K.Coulibaly	Premières orientations discutées
14/11/2009	Bobo	Exploitation données 2008 Première Synthèse	JL Hoffs D.Lafrechoux	Dynamique du coton Bt au Burkina
15/11/2009	Bobo			
16/11/2009	Bobo	Exploitation données 2009	K.Coulibaly	Intérêt des analyses multifactorielles
17/11/2009	Bobo	matin	E.Vall K.Coulibaly M.Blanchard	Caractérisation de sol Nouvelles activités en 2010
17/11/2009 Après-midi	Bobo-Ouagadougou	Après-midi		
18/11/2009	Ouagadougou-Montpellier			

2.1 Partie 1 : Activités 5

2.1 Actualisation des objectifs et hypothèses des différents thèmes

L'insertion des légumineuses dans les systèmes de production est une des priorités du projet :

- justification : N facteur limitant le rendement et le coût des engrais azotés ne cessent d'augmenter ; l'N peut être fixé gratuitement à partir de l'atmosphère
- objectifs : introduire des légumineuses fourragères, insérer des légumineuses vivrières ou fourragères en cultures associées (sur l'année) insérer des légumineuses plantes de couverture dans les systèmes à semis-direct sur couvertures végétales ;
- hypothèse : la fixation biologique de l'N est efficiente avec des légumineuses connues comme le Mucuna, le niébé, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*,

Outre sur l'augmentation des biomasses produites, l'effet escompté attendu concerne des aspects nutritionnels avec la production de protéines (niébé).

Les activités 5 abordent également des aspects mécanisation, essentiels pour la réduction de la pénibilité du travail comme le travail en sol sec et le test de matériel de semis-direct importé du Brésil.

Il est aussi essentiel de penser à la valorisation des inter-rangs des céréales par les légumineuses pour limiter la prolifération des mauvaises herbes par l'effet de recouvrement en cours de cycle sur les mauvaises herbes, puis l'effet écran des couches de feuilles en saison sèche, voir des effets allélopatiques par émission de substances organiques toxiques de certaines adventices. Le Mucuna est reconnu notamment avoir ce type d'action sur certaines mauvaises herbes.

2.2 Résultats 2008 sur Mucuna

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) basée essentiellement donc avec des données quantitatives (fertilisation sur les 3 dernières années, date semis, rendement, délai sarclage, densité) avec un rajout de variables qualitatives (fertilisation l'année passée, type de sol) montre l'intérêt de pouvoir dans ce type d'études utiliser ce type d'analyse sur les dispositifs conduits dans le projet. En effet le choix judicieux dans les activités 5 de faire des carrés de rendement de 12 m² avec un minimum d'observations permet d'exploiter ces données efficacement.

Il ressort au niveau du Tableau 2 de la matrice de corrélation de l'ACP quelques informations intéressantes :

- que le rendement est bien corrélé avec l'apport précédent de fertilisation sur les années précédentes (l'année précédente ou les 3 dernières années) ;
- que c'est à Karaba que la fréquence de parcelles fertilisées les années précédentes est la plus forte et que les rendements sont meilleurs ;
- que le rendement est également influé par la date de semis et la densité ;
- que le rendement est lié également à la précocité du sarclage.

Tableau 2. Matrice de corrélation de l'Analyse en Composantes Principales réalisée sur les données du Mucuna fourrager en 2008 : F3 : fertilisation minérale les 3 dernières années ; SEMIS : date de semis ; ecart : écart en la date de semis et la date de sarclage ; densité : nombre de poquets/ha ; BO : Boni ; DI : Dimikuy ; FO : Fouzan ; KO : Koumbia ; KA : Karaba ; SA : Sara ; F1-0 : pas de fertilisation minérale l'année précédente ; F1-1 : fertilisation minérale l'année précédente.

Variables	rendement	F3	SEMIS	ecart	densité	Village-BO	Village-DI	Village-FO	Village-KA	Village-KO	Village-KB	Village-SA	F1-0	F1-1	Type Sol-SA	Type Sol-AR	Type Sol-GR
F3	0.415	1	-0.317	0.084	0.002	-0.017	-0.121	-0.025	0.479	-0.243	0.027	-0.107	-0.606	0.606	-0.157	0.127	0.064
SEMIS	-0.369	-0.317	1	0.018	-0.272	0.011	-0.320	-0.009	-0.351	0.192	0.202	0.261	0.133	-0.133	0.015	0.028	-0.042
RDT	1	0.415	-0.369	-0.286	0.242	0.091	-0.094	-0.095	0.388	-0.192	0.054	-0.160	-0.089	0.089	-0.023	0.061	-0.029
ecart	-0.286	0.084	0.018	1	-0.082	-0.139	0.004	-0.080	-0.136	0.252	-0.008	0.104	-0.180	0.180	0.069	0.060	-0.134
densité	0.242	0.002	-0.272	-0.082	1	0.045	0.005	0.056	-0.080	0.019	0.048	-0.091	0.200	-0.200	0.061	-0.063	-0.012
Village-BO	0.091	-0.017	0.011	-0.139	0.045	1	-0.162	-0.162	-0.172	-0.172	-0.172	-0.172	0.006	-0.006	-0.049	-0.096	0.144
Village-DI	-0.094	-0.121	-0.320	0.004	0.005	-0.162	1	-0.153	-0.162	-0.162	-0.162	-0.162	0.092	-0.092	-0.090	0.031	0.075
Village-FO	-0.095	-0.025	-0.009	-0.080	0.056	-0.162	-0.153	1	-0.162	-0.162	-0.162	-0.162	-0.016	0.016	-0.090	0.141	-0.025
Village-KA	0.388	0.479	-0.351	-0.136	-0.080	-0.172	-0.162	-0.162	1	-0.172	-0.172	-0.172	-0.097	0.097	-0.300	0.115	0.240
Village-KO	-0.192	-0.243	0.192	0.252	0.019	-0.172	-0.162	-0.162	-0.172	1	-0.172	-0.172	0.006	-0.006	0.034	0.115	-0.144
Village-KB	0.054	0.027	0.202	-0.008	0.048	-0.172	-0.162	-0.162	-0.172	-0.172	1	-0.172	-0.097	0.097	0.285	-0.096	-0.240
Village-SA	-0.160	-0.107	0.261	0.104	-0.091	-0.172	-0.162	-0.162	-0.172	-0.172	-0.172	1	0.109	-0.109	0.202	-0.202	-0.048
F1-0	-0.089	-0.606	0.133	-0.180	0.200	0.006	0.092	-0.016	-0.097	0.006	-0.097	0.109	1	-1.000	0.060	-0.122	0.042
F1-1	0.089	0.606	-0.133	0.180	-0.200	-0.006	-0.092	0.016	0.097	-0.006	0.097	-0.109	-1.000	1	-0.060	0.122	-0.042
Type Sol-SA	-0.023	-0.157	0.015	0.069	0.061	-0.049	-0.090	-0.090	-0.300	0.034	0.285	0.202	0.060	-0.060	1	-0.547	-0.650
Type Sol-AR	0.061	0.127	0.028	0.060	-0.063	-0.096	0.031	0.141	0.115	0.115	-0.096	-0.202	-0.122	0.122	-0.547	1	-0.281
Type Sol-GR	-0.029	0.064	-0.042	-0.134	-0.012	0.144	0.075	-0.025	0.240	-0.144	-0.240	-0.048	0.042	-0.042	-0.650	-0.281	1

2.3 Mise en place des SCV et des systèmes agroforestiers

Dispositif

Le dispositif conseillé début 2009 correspondait à 8 parcelles élémentaires (Figure 1) avec le témoin et les SCV entourées d'une protection contre la divagation des animaux (grillage selon le modèle mis au point par J.Cesar et J.Sanou) avec une insertion de ligneux possible à la fois au niveau de cette clôture pour la renforcer et la pérenniser et également au sein des parcelles pour apporter une plus value à l'investissement effectué.

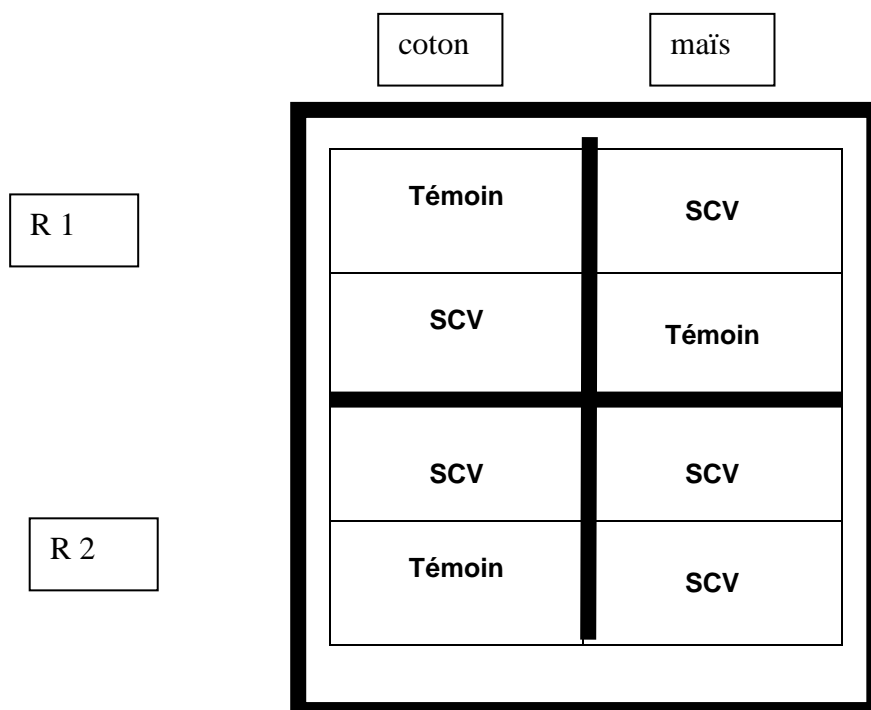


Figure 1. Dispositif SCV/Agroforesterie implanté dans les 7 villages sur 0.5 ha : 8 parcelles (coton ou maïs x 2 répétitions x témoin ou SCV) insérées au sein de plantation de ligneux (grosses lignes) à l'extérieur ou à l'intérieur du dispositif ha entouré de grillage pour éviter la divagation des animaux.

Tableau 3. Situation des dispositifs SCV agroforesterie en novembre 2009.

Village	Type exploitation	Bloc de culture	Age mise en culture	Sol	Agroforesterie	Coton 2009	Maïs 2009	Niébé
Sara	Charrue+ Semoir	Secondaire	0 (ancien parc à bœufs)	Gravillonnaire (labouré au tracteur)	Leucaena leucocephala en bordure	Moyen (semis tardif)	Faible développement Semis tardif)	Faible densité (semis tardif)
Dimikuy	Charrue	Principal	3 années	Argileux	Eucalyptus en bordure	Moyen	Faible développement	Densité moyenne ; pas de graines car non traité
Karaba	Charrue	Principal	44 années	Argileux	Goyaviers à l'intérieur	Bon	Bon	Densité moyenne
Koti	Charrue	Un des principaux	50 années avec jachères	Gravillonnaire	Acacia nilotica en bordure	Bon (fumure organique en 2008)	Bon	Densité moyenne 200kg/ha Fanes récoltées
Fouzan	Charrue	Secondaire	40 années avec jachère	Gravillonnaire	Manguiers à l'intérieur et épineux autour	Moyen	Moyen	Densité moyenne 300 kg/ha
Boni	Charrue Semoir	Un des principaux	12 années	Gravillonnaire localement	Citronniers à l'intérieur	Bon ; niébé associé	Très enherbé	Densité moyenne
Koumbia	Charrue Semoir (récent)	Principal	8 années	Sableux	Manguiers greffés à l'intérieur et épineux autour avec Gliricidia	Bon	Faible densité (liée à la semence ?)	Densité moyenne 400 kg/ha

Le bilan effectué sur les dispositifs lors de la tournée est le suivant (Tableau 3).

Les exploitations choisies correspondent toutes au type « culture attelée » défini par les sociétés cotonnières, c'est-à-dire en général les plus grosses exploitations. Seules 2 d'entre elles ont un semoir.

Dans 2 situations , à Sara et à Fouzan, les dispositifs ont été implantés sur des blocs de culture secondaires sur lesquels il faudra veiller à leur homogénéité et leur représentativité par rapport aux autres parcelles de l'exploitation.

Les âges de mise en culture sont variables avec globalement un âge plus récent à Sara et Dimikuy.

Les sols gravillonnaires déclarés comme tels semblent être importants avec 4 situations sur 7.

Globalement l'homogénéité des parcelles de coton est satisfaisante avec parfois des tâches de fertilité bien visibles liées aux fertilisations de fumure organique précédentes. Le développement général du maïs est moins bon que sur les parcelles environnantes. Il est possible que parfois les parcelles d'essais aient été implantées dans des conditions non optimales et/ou que la maîtrise des adventices ait été insuffisante. Généralement les couvertures de niébé sont insuffisantes en raison de mode de semis et de densités de semis ne

favorisant pas bien le développement d'une couverture dense. La variété de niébé utilisée paraît intéressante : bonne productivité en grains attestée par des récoltes significatives (200 à 400 kg/ha de graines), cycle assez court et port végétatif volubile. Dans toutes les situations les agriculteurs ont déclaré réalisé ce type d'association pour la première fois. Tous ont l'habitude de pratiquer le niébé en culture pure avec généralement une récolte en graines pour l'auto-consommation et la conservation des fanes pour les bœufs de trait. Dans tous les cas il semble que des traitements insecticides soient réalisés souvent en prenant ceux du coton, parfois avec 3 applications dès la formation des gousses pour lutter contre les piqueurs de gousses. Les agriculteurs reconnaissent utiliser différentes variétés aux cycles et comportements différents.

Les plantations de ligneux est en cours avec une réactivité des agriculteurs variables selon les sites, la meilleure étant celle de Koumbia, avec des initiatives prises au niveau de la clôture extérieure.

Globalement on conclura sur la bonne implantation des dispositifs et un engagement des agriculteurs au niveau de leur sécurisation concernant la divagation des animaux. Par contre les biomasses produites sur les parcelles tant en quantité qu'en qualité ne permettent pas de jeter les bases de constructions de SCV pérennisés dans les meilleures conditions. Les biomasses sont insuffisantes et la proportion d'apports de légumineuse insuffisante avec un risque donc d'infestation par les adventices, de faible effet de la couverture du sol sur la conservation de l'eau en début de cycle et d'insuffisance de restitutions azotées organiques par les feuilles pouvant aboutir à une faim en azote sur la culture suivante.

Conseils pour 2010-2011

Tableau 4. Conseils sur les dispositifs SCV et agroforesterie pour 2010-2011.

Village	Constats 2009 et Conseils pour 2010-2011							
	Hétérogénéités naturelles	Hétérogénéités des pratiques	Agroforesterie	Fertilité	Coton	Maïs	Semis Fertilisation	Herbicides
Sara	Elaguer le Néré	Tas de maïs lors des pesées non ré-étalés Précédents de fertilisation Faires des mesures de hauteur et de diamètres comme estimateurs de la biomasse	Insertion d'espèces à l'intérieur	Correction avec fumure organique ou phosphate naturel	En SCV essayer le niébé en association Avec un semis décalé de 1 mois	En SCV généraliser le Mucuna avec le maïs : - 1 mois après en cas de semis précoce ; 3 semaines après en cas de semis tardif	Coton : semis avec canne planteuse simple ; localisation complexe après la levée Maïs : semis et localisation engrais avec au même moment	Formation indispensable Action 80 sur coton (diuron) et Agrazine sur maïs (atrazine) en prélevée En post-levée prévoir balai avec glyphosate (Annexe 4)
Dimikuy	RAS		Insertion d'espèces à l'intérieur	Correction avec fumure organique ou phosphate naturel				
Karaba			RAS	Suivre l'agriculteur si volonté de mettre FO sur l'ensemble du bloc maïs				
Koti			Insertion d'espèces à l'intérieur					
Fouzan			RAS					
Boni	Chemin d'eau et Termites à surveiller		Mettre des Jatropha en cloture extérieure					
Koumbia	Fourmis à surveiller		RAS					

Les conseils donnés pour les campagnes 2010-2011 sont synthétisés dans le Tableau 4.

Certaines hétérogénéités constatées lors de la tournée devront être maîtrisées avec des spécificités suivant les sites comme la présence d'ombrage sur le site de Sara, de chemin d'eau en bordure de parcelles et la trace d'apports de gravillons à l'intérieur de celle-ci, associée à la présence de termites gros consommateurs de tiges de maïs à Boni ou de fourmis à Koumbia où un traitement insecticide s'avère nécessaire (suivre les recommandations de l'agriculteur et faire le traitement avec lui).

Sur l'ensemble des sites on veillera à homogénéiser :

- le niveau de fertilité des parcelles en recourant soit à des corrections en phosphore sur les parcelles récemment mises en culture en utilisant le Burkina Phosphate, soit selon le désir de l'agriculteur d'apporter de la fumure organique en veillant à que cela concerne tout le bloc de culture ;
- en ne faisant plus des mesures de biomasse de tiges de maïs par la constitution de tas mais plutôt en les estimant par des mesures de hauteur et de diamètre de la tige entre la floraison et la récolte (voir Annexe 1) ;
- à maîtriser les hétérogénéités de sol en choisissant au hasard le positionnement des 2 répétitions ou en influant sur leur positionnement en cas d'hétérogénéité bien visible (exemple donné sur Figure 1).

Concernant l'agroforesterie on ira dans le sens des initiatives prises par les agriculteurs de Karaba, Boni qui ont choisis eux-mêmes des espèces à implanter à l'intérieur du dispositif, respectivement des goyaviers et des citronniers, ou celle de Koumbia ayant implanté des *Gliricidia* autour de la clôture comme espèce fourragère. Il est donc important de penser en premier lieu à la valorisation économique de ces clôtures d'autant que leur exploitation ne commencera qu'après la fin du projet.

Concernant la conduite du coton on proposera aux producteurs la généralisation de l'association coton-niébé testée spontanément par un agriculteur à Boni en 2009 de manière à :

- proposer un SCV complet qui maximise la présence de la légumineuse dans la rotation ;
- avoir une plus value économique de la sole coton actuellement peu rémunérée ;
- profiter des traitements insecticides réalisés sur cotonniers pour favoriser la maîtrise des ravageurs du niébé ;

Des essais réalisés au Mali ont montré qu'un décalage de semis d'1 mois est nécessaire pour éviter une forte compétition du niébé sur le coton voir Figure 2). La finalisation de l'ITK moyen est à discuter avec les agriculteurs qui ont déjà testé cette association, notamment sur les points suivants :

- doit-on semer toutes les inter-lignes du coton avec le niébé et ne pas garder un inter-rang sur deux exempt de niébé pour faciliter les traitements insecticides ?
- comment optimiser en coton conventionnel et en coton Bt les traitements insecticides ?



Figure 2. Association Coton-Niébé : à gauche semis décalé de 15 jours= compétition du niébé sur le coton ; à droite semis décalé de 30 jours = pas de compétition.

Pour le maïs conduit en SCV on veillera pour maximiser la biomasse produite à mettre du Mucuna dans chaque inter-rang avec la même densité que pour le maïs pour optimiser le développement d'une couverture (Figure 3).



Figure 3. Associations céréale-légumineuses réussies : à gauche niébé et sorgho ; à droite Mucuna et maïs.

Trois types de semoirs ou épandeurs manuels ont été commandés (Figure 4). Pour le coton étant donné les risques d'échec au semis et la fréquence des re-semis, on utilisera 2 types de matériel :

- un pour semer le coton à travers la couverture résiduelle morte ;
- un pour localiser et enfouir le complexe à proximité des plants un fois la levée assurée.

Pour le maïs l'application de complexe pourrait être faire au moment des semis avec la canne à double réservoir. La justification vient du fait que les échecs de semis de maïs sont moins courant et que l'enfouissement de l'engrais sous les plants est préférable notamment pour le phosphore du complexe, réputé très peu mobile dans le sol.

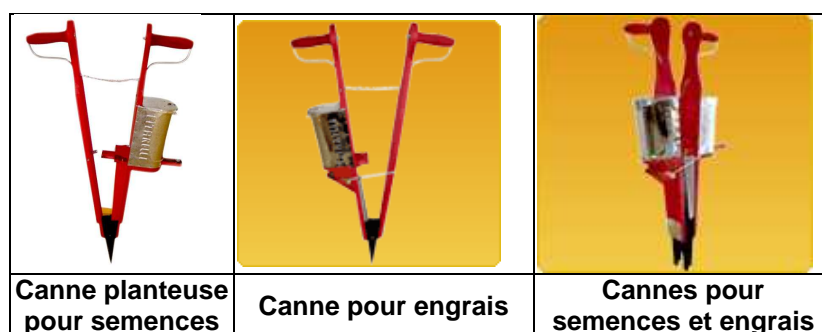


Figure 4. Les 3 types de matériel manuel commandé au Brésil

Un exemplaire de semoir attelé est à mettre en priorité à Koumbia sur maïs où il existe une bonne maîtrise de la dent IR12 et donc de la technique de semis-direct en culture attelée. L'utilisation de ce semoir nécessite un sol plat ou faiblement ondulé pour garantir une bonne stabilité. Des réglages sont nécessaires tant au niveau des disques de semences, des grosseurs des pignons pour les engrais et du disque de coupe pour la profondeur de semis.

Il serait intéressant sur ce site de comparer le semoir brésilien et la technique dent IR12 avec un semis manuel.



Figure 5. Semis avec le semoir-épandeur attelé en SCV ; à gauche semis sur sol plat du coton dans des pailles de céréales ; à droite semis du maïs dans les tiges de cotonniers

Une bonne application des herbicides est nécessaire les premières années en SCV. Pour faciliter une bonne utilisation une formation nous semble nécessaire car lors de la tournée il est apparu que la plupart des agriculteurs :

- ne connaissaient pas bien les produits utilisés ;
- n'ont jamais reçu de formation sur leur utilisation (sauf à Koumbia).

Nous conseillons d'élaborer avec le représentant de La Cigogne, fournisseur qui possède généralement une gamme complète de produits de qualité, une formation sur ce sujet.

Quatre matières actives herbicides pourraient être suffisantes :

- le glyphosate avant les semis associé ou non au 2,4-D ;
- le diuron en prélevée sur coton qui est également sélectif du niébé ;
- l'atrazine en prélevée sur maïs qui sera sélective du Mucuna semé 3 à 4 semaines après.

En cas d'échec des traitements de prélevés, dont le succès repose en partie sur l'humidité du sol au semis qui permettent une bonne pénétration de la matière active au niveau des premiers centimètres du sol et de la quantité de pluies tombée après les semis qui permettent une bonne infiltration de la même matière active, on pourrait envisager d'avoir recours au balai chimique à glyphosate qui permet de traiter les inter-rangs en minimisant à la fois les quantités utilisées et les risques de phyto-toxicité sur les cultures (Annexe 4). Un exemplaire pourrait être amené lors de la prochaine mission.

Des tests de broyage des tiges de cotonniers avec un outil spécifique monté sur une débroussailleuse à moteur ont été réalisés lors de la tournée. Bien que la coupe soit rapide avec les petits cotonniers (mouvement latéral possible) elle est plus lente avec les gros cotonniers (mouvement vertical de haut en bas nécessaire). Il faudrait vérifier si l'utilisation d'un modèle de taille plus importante offrirait un travail plus rapide. Nous conseillons donc le Projet d'investir dans cet outil (modèle Stihl FS 450 K), coût d'environ 1.000 €).

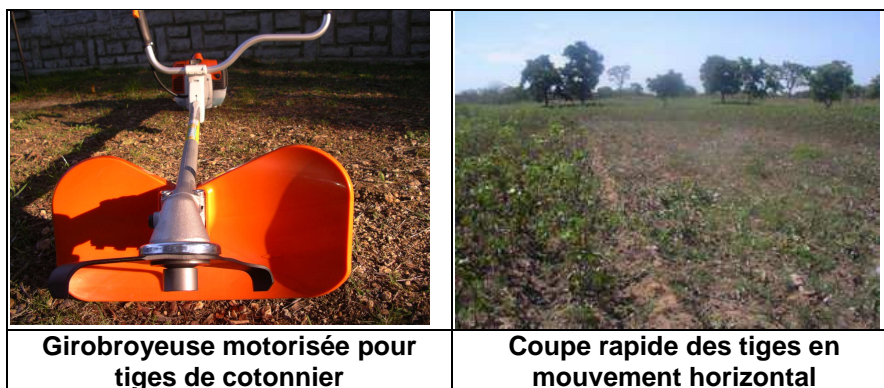


Figure 6. La gestion des résidus de récolte : essentielle pour une bonne préparation des semis futurs en SCV

Nous conseillons sur l'ensemble des dispositifs SCV de mettre à plat les résidus de culture dès la récolte pour éviter notamment tout risque d'introduction future d'animaux dans les parcelles. Il n'est pas exclu que malgré le grillage et au cours de la saison sèche alors que l'offre en fourrage va se raréfier, que des bovins soient tenter de sauter par-dessus le grillage pour aller chercher à pâturer. Le fait de mettre les tiges et les feuilles à plat permettrait ainsi une meilleure dissimulation.

2.4 Résultats sur les associations Maïs-légumineuse

Une seule parcelle a pu être visitée à Karaba avec du Maïs associé au Mucuna Rajada. Aucune compétition du Mucuna est apparue sur le maïs. La densité et le mode d'agencement du Mucuna n'a pas permis une production en biomasse suffisante. Avec un poquet de Mucuna semé sur la ligne tous les 2 poquets de maïs, la densité semble insuffisante.

Il est intéressant de noter que la présence de légumineuses (Mucuna ou niébé a conduit les agriculteurs à ne pas butter le maïs. Il reste donc à voir si le fait de ne pas butter à occasionner un surplus de travail important.

D'après notre expérience nous pensons que le non-buttage n'a pu conduire à un problème de verse.

Egalement l'ensemble des agriculteurs semble avoir su utiliser les herbicides en cultures associées. Par contre le fait de ne pas avoir mis d'urée sur le traitement avec légumineuse est une erreur : le transfert d'N sur l'année de la légumineuse associée à la céréale est improbable. Les effets en 2009 sur le maïs seront liés essentiellement à l'apport des 50 unités d'azote dont on voit le profit : + 30% de rendement avec Mucuna ; +23% de rendement avec niébé (Figure 7).

L'intérêt des associations culturales est de pouvoir intensifier à moindre coût la production de la parcelle. Le choix du type d'association demande cependant une bonne connaissance des plantes. L'association céréale-légumineuse est la plus courante car elle permet la cohabitation sur la même parcelle de cultures aux ports végétatifs complémentaires (port érigé haut pour la céréale, port rampant ou volubile pour la légumineuse). En outre les besoins en lumière des céréales sont élevés tandis que ceux des légumineuses beaucoup plus faibles.

L'objectif final est donc d'obtenir un rendement optimisé de la céréale tout en ayant un surplus de production de la légumineuse.

Une des façons d'évaluer la performance de ces associations est de calculer le LER (Land Equivalent Ratio) égal à :

$$\text{LER} = \frac{\text{Rendement de la céréale associée}}{\text{Rendement de la céréale en pur}} + \frac{\text{Rendement de la légumineuse associée}}{\text{Rendement de la légumineuse en pur}}$$

Par exemple si le maïs produit 2.8 t/ha en pur et 2.5 t/ha en associé et le niébé 0.7 en pur et 0.4 en associé le LER sera de $2.5/2.8 + 0.4/0.7$ soit au total $0.89 + 0.57$, 1.46 ou un gain théorique en superficie de 46%.

Il est important outre ce facteur d'augmentation de la productivité de la terre de veiller à limiter les temps de travaux et à évaluer la productivité du travail, d'où l'importance de déterminer les temps de travaux. C'est semble t'il la raison principale d'abandon des cultures associées en culture attelée en raison des difficultés d'utilisation du sarclage mécanique dans les inter-rangs et également lors du buttage avec un risque de recouvrement de la culture associée à port rampant. C'est pour cela que généralement les agriculteurs en culture attelée font des cultures associées de légumineuses mais toujours en semant sur la ligne de la céréale, voir en mélangeant les graines de céréales et de légumineuse ensemble, et toujours avec de faibles densités.

L'intérêt des cultures associées est aussi de limiter le risque de perte de productivité sur une parcelle suite à l'échec sur une culture, la culture associée permettant ainsi de compenser ainsi cette perte. Un exemple cette année a été donné avec le maïs à Koumbia qui a très peu produit sur la parcelle SCV en raison d'une faible densité compensée par une production de niébé significative.

Il est également reconnu que la pression en ravageurs des cultures pour une culture donnée est moins forte en culture associée qu'en culture pure, l'autre culture associée jouant le rôle d'écran.

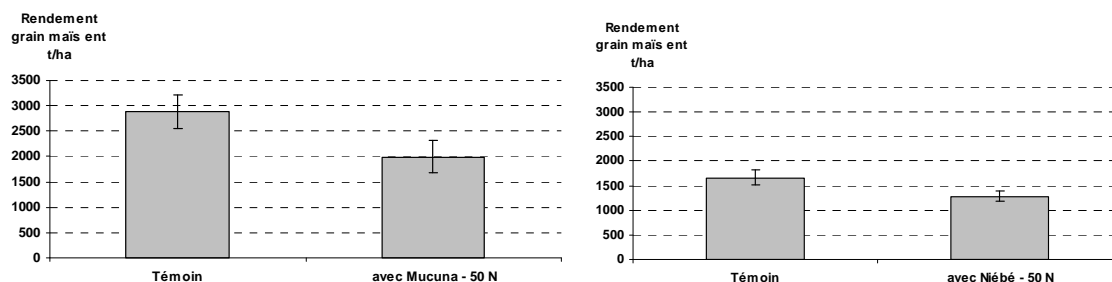


Figure 7. Résultats des rendements en maïs grain en culture associée avec Mucuna (10 cas) ou Niébé (32 cas) comparé au témoin sans légumineuse mais avec un apport de 50 U d'azote supplémentaires ; l'effet de l'apport d'urée est net et hautement rentable.

3. Autres appuis

3.1 Travail en sol sec et fumure organique

Nous avons confirmé l'intérêt de pouvoir associer la FO et ce thème avec comme objectif principal de tester l'effet annuel d'une localisation importante de la FO sur le rendement maïs. Nous conseillons d'appliquer la même quantité par hectare sur le témoin et le traitement avec travail du sol en sol sec en choisissant avec les agriculteurs le type de fumure à appliquer. On veillera donc si possible utiliser une fumure organique ayant une probabilité d'avoir un effet annuel marqué, notamment celle enrichie en excréments de bétail. La date de semis pourrait varier entre les deux traitements au cas où cela serait possible. L'idée est bien de comparer des systèmes entre eux avec chacun des ITK spécifiques et optimaux où l'on cherche à créer de fortes différenciations pour escompter voir un effet s'exprimer.

3.2 Aspects méthodologiques / Indicateurs

Interprétation des résultats agronomiques

Comme il est difficile de faire une analyse statistique si le choix des répétitions n'est pas fait aléatoirement, nous conseillons sur l'ensemble du dispositif d'utiliser des analyses factorielles en prenant un certain nombre d'indicateurs qui pourraient être estimés pour chaque mesure de rendement au niveau des placettes de 12 m² qui sont suivies.

Nous avons mentionné dans le tableau 5 suivant les données supplémentaires à recueillir.

L'âge des parcelles est important car il détermine le niveau de richesse en matières organiques du sol qui influe sur le niveau de fertilité du sol.

Le précédent des 3 années est également important notamment car il permet de savoir si des apports en engrais ont été effectués ; cela détermine un niveau de richesse potentiel en phosphore assimilable cumulé.

Nous réaffirmons qu'il est nécessaire d'avoir des pluviomètres, au moins un par village. Cela permettrait de déceler les poches de sécheresse à des moments cruciaux d'élaboration de certaines composantes de rendement du maïs (levée, floraison) et aussi d'expliquer l'efficacité ou non de traitements herbicides de prélevée.

Au niveau du sol, nous conseillons d'exploiter les données sur les 77 prélèvements effectués sur 0-20 cm sur l'année 2009 pour déterminer le taux en éléments grossiers et le taux en argiles. Ces deux paramètres de texture ont un poids sur les paramètres de fertilité.

Par contre et suivant les explications données sur la figure suivante nous conseillons pour une meilleure corrélation entre analyses et comportement des cultures de réaliser les futurs prélèvements sur les 10 premiers centimètres au sommet du billon. Sur 0-20 cm on risque en effet de prélever au-delà de l'horizon organique qui fait généralement en moyenne 15 cm sur sols ferrugineux.

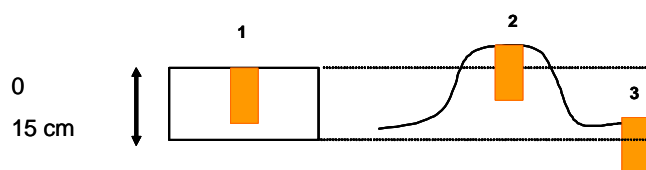


Figure 8. Pourquoi et comment prélever le sol sur 0-10 cm.

1 et 2 : Conseillé sur sol plat ou billons ; cela permet de rester au niveau de l'horizon Ap, organique et perturbé chaque année par le travail du sol ; 3. Déconseillé

Tableau 5. Données supplémentaires conseillées à relever 2010-2011 en complément de celles relevées en 2009 (ou en substitution de celles-ci).

Type d'essai	Données conseillées à relever 2010-2011					
	Age des parcelles	Précédent 3 années	Pluviométrie	Texture sol Analyse de sol	Temps de travaux	Sur placettes de 12 m ²
Travail en sol sec	Oui	Oui avec l'idée de savoir s'il y a eu des apports d'engrais	1 pluviomètre par village sur site SCV	A faire en 2010 sur 0-10 cm % EG Test argiles Analyse CN P assimilable Voir bases échangeables	Bien prendre surtout les dates de toutes les opérations et les temps de sarclage	Note enherbement 15 jours après semis Note enherbement à la floraison Biomasse niébé avant récolte du maïs ; stade début formation des gousses Nombre de pieds récoltés Note enherbement à la récolte Hauteur et grand diamètre des tiges du maïs à la récolte Biomasse du Mucuna après récolte du maïs ; stade début formation des gousses
Cultures associées	Nombre d'années de culture sur les 30 dernières années					
SCV	Si cela dépasse les 30 dernières années on met un chiffre arbitraire à la dizaine d'année près					Note enherbement 15 jours après semis Note enherbement à la floraison Biomasse niébé avant récolte du maïs ; stade début formation des gousses Nombre de pieds récoltés Note enherbement à la récolte Biomasse du Mucuna après récolte du maïs ; stade début formation des gousses
Mucuna fourrager Niébé fourrager						

Des premières descriptions de sol sont mentionnées dans le Tableau 6.

Tableau 6. Premières descriptions de sol sur 4 sites SCV

Site	% pondéral éléments grossiers	% Argiles test manuel	Couleur sol sec	Couleur sol humide	Commentaires
Koumbia	< 20	13.5	10 YR 5/3	10 YR 3/3	Première validation de l'hypothèse du Projet que les sols à Koumbia sont plus argileux ; à confirmer sur les autres parcelles
Dimikuy	< 20	12	10 YR 6/4	10 YR 4/4	
Boni	< 20	11	10 YR 4/6	10 YR 4/4	Une variation de 2% des teneurs en argiles peut-être déjà suffisante pour que le nom vernaculaire de sol ne soit pas le même
Sara	> 20	15.5	10 YR 3/3	10 YR 2/2	Sol le plus riche en matière organique : couleur la plus foncée en relation avec : une durée de mise en culture faible ; Une forte charge en éléments grossiers De fortes teneurs en argiles

Economiques

L'estimation des temps de travaux doit-être faite de manière à pouvoir réaliser des valorisations de la journée du travail (rapport marge nette /ha et temps de travaux en jours / ha) comparées entre les différents traitements.

Les données brutes sont mesurées pour des superficies déterminées en mesurant le temps effectué par une même équipe sur les différents traitements comparés. Les données seront exprimées en jours / ha en estimation par exemple qu'une journée agricole correspond à 6 heures de travail, en faisant le calcul suivant : (temps passé en minutes x nombre de personnes x 10000/superficie)/360, soit pour un travail de 30 minutes avec 4 personnes sur 625 m², (30 x 4 x 10000/625)/360, 5.3 jours/ha

Les temps de travaux sont généralement très variables car ils dépendent du nombre de personnes, de la vigueur au travail, ... Pour limiter les sources de variation on conseille :

- que les opérations culturales entre les deux traitements comparés soient effectués par le même groupe de personnes ;
- que rapidement des mesures de référence soient prises pour des opérations culturales similaires, par exemple pour un travail du sol avec billons, un semis manuel de maïs, ...
- que la principale attention doit être accordée à bien relever les temps de travaux au sarclage qui sont très variables selon l'historique de la parcelle et les modalités de conduite de l'ITK en cours de l'année et aussi les données les plus importantes pour évaluer d'éventuelles contraintes à l'innovation (hypothèse par exemple de temps accru au sarclage manuel en culture associée.

4. Conclusion générale

Sur le référentiel SCV il apparaît nécessaire de renforcer les biomasses actuelles sur les traitements SCV actuellement occupés par le maïs. On pourra suggérer dans un premier temps de transférer les biomasses des témoins aux parcelles SCV et cela le plus rapidement possible. En cas d'insuffisance ou de difficulté on pourrait recourir à des apports de paille de brousse. La quantité minimale estimée pour escompter un effet SCV est d'environ 4 t/ha de MS. L'année prochaine pour aboutir à un bon précédent on généralisera les associations sur coton et maïs, avec le niébé associé au coton et le Mucuna associé au maïs.

Concernant les associations maïs-légumineuse on laissera le choix aux agriculteurs entre niébé et Mucuna tout en renforçant les densités de semis des légumineuses qui seront installées dans les inter-rangs. L'application de fertilisation devra être la même pour les deux traitements.

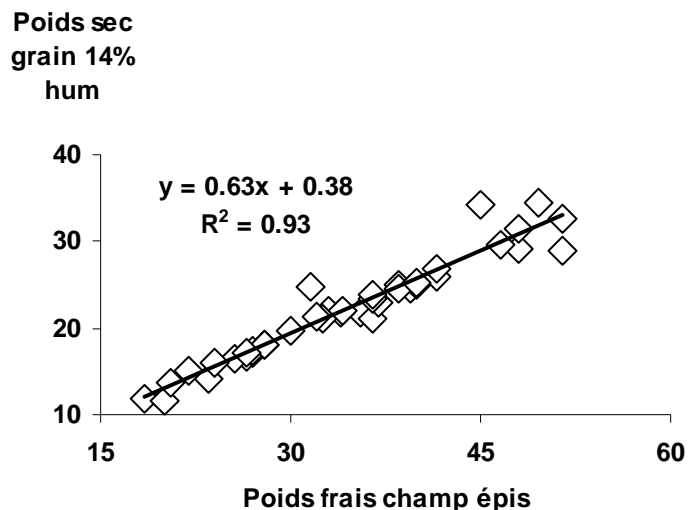
Une formation des agriculteurs aux herbicides paraît essentielle pour assurer une bonne implantation des cultures. Elle devra être faite par des professionnels. Nous conseillons vivement de contacter La Cigogne car ils allient des compétences en formation et la promotion d'une gamme de produits complète et de qualité.

On généralisera l'exploitation des données grâce aux analyses multifactorielles privilégiant les ACP avec des données quantitatives enrichies de quelques données qualitatives (intéressant que l'équipe suive une formation à Xlstat).

Annexe 1

Estimations des biomasses (indicatives car dépendantes des variétés ; les propres coefficients sont à déterminer sur une sélection d'échantillons différenciés)

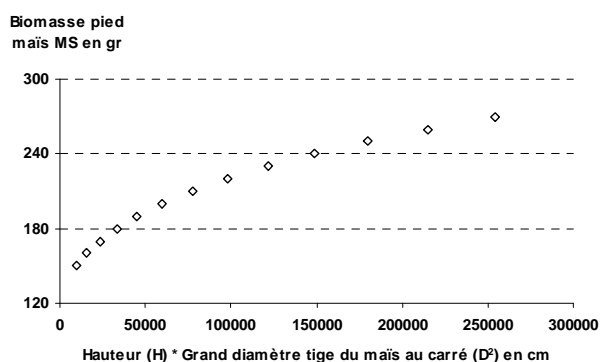
- Relation poids frais épis champ poids grain sec



- Relation entre rendements à la récolte et la biomasse en résidus de récolte

Culture	Donnée départ	Coefficient
Coton	Poids fibres champs	0.96
Maïs	Poids grain stocké (12% hum)	0.85
Maïs	Epis séchés champs	0.46
Maïs	Epis frais récoltés	0.29
Sorgho	Poids grain stocké (12% hum)	5.48
Sorgho	Epis séchés champs	3.00
Sorgho	Epis frais récoltés	1.59
Mil	Poids grain stocké (12% hum)	5.79
Mil	Epis séchés champs	3.30
Mil	Epis frais récoltés	1.75

- Relation mesures biométriques (hauteur des tiges de maïs à la récolte du sol à l'insertion de la dernière feuille ou sommet de la fleur mâle multiplié par le carré du grand diamètre à la base de la tige) et MS des tiges



Analyses de sol jeu de données à minima

- Par enquête auprès des agriculteurs

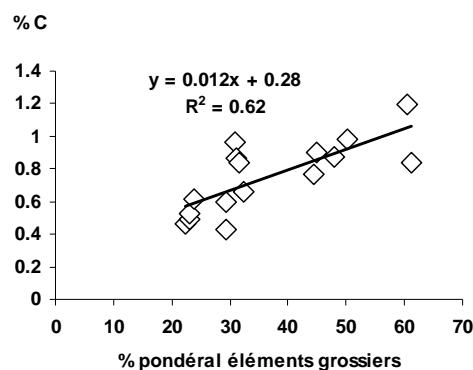
Traduction du nom vernaculaire

Age de la parcelle

Précédents culturaux les 3 dernières années avec type de fertilisation organique et minérale

- Poids pondéral en éléments grossiers

Par tamisage au tamis à 2 mm = poids de la fraction > 2 mm / poids sec total du sol



- Test textural manuel

Test manuel	Quantité d'argiles	Type de terre
On ne pas faire de motte	2% maxi	Sableuse = Terres légères
On fait une motte	3.5%	
On fait une boule	5%	
On fait un cylindre qui se brise dès qu'on le touche	6.5%	
On fait un cylindre qui se brise à un angle de 30°	8.5%	
On fait un cylindre qui se brise à un angle de 60°	11%	Sablolimoneuse = Terres franches
On fait un cylindre qui se brise à un angle de 90°	12%	
On fait un cylindre qui se brise à un angle de 120°	13.5%	Limonosableuse à argileuses = Terres lourdes Argileuses
On fait un cylindre qui se ferme complètement°	17.5%	
On fait un cylindre dont les bouts se croisent	> 25 %	

- Coût analyse chimique au Cirad (laboratoire certifié)

Sur terre fine < 2 mm : complexe absorbant et CEC

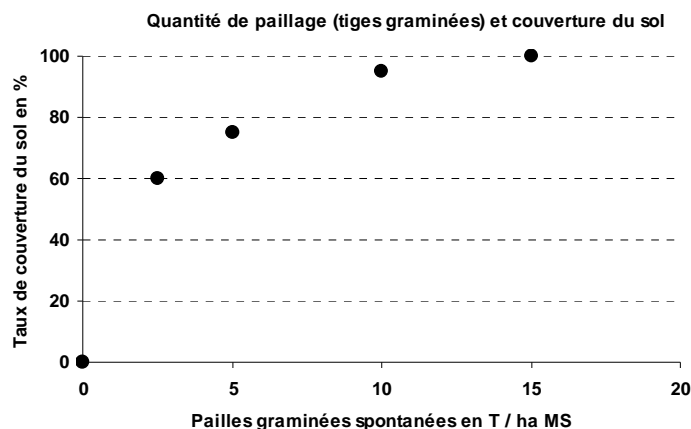
Sur terre broyée : C et N totaux ; phosphore assimilable

Type analyse	Coût	Nombre	Total
Réception, gestion, contrôle qualité	3.3	77	254.1
Stérilisation des sols avant destruction	2.6	77	200.2
Matière organique (C et N)	16.3	77	1255.1
Phosphore assimilable (Olsen-Dabin)	10.4	77	800.8
Complexe absorbant (Co(NH3)6Cl3)	24.7	77	1901.9
total			4412.1
remise 40%			1764.84
total avec remise Cirad			2647.26
option sans Complexe absorbant			1004.08

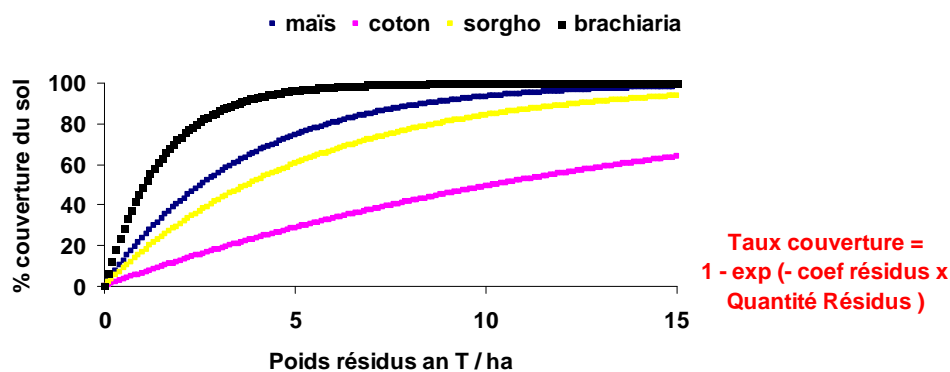
Relation couverture de sol et biomasse

L'effet SCV sur l'économie de l'eau en début de cycle est lié à la couverture du sol qui détermine le potentiel de réduction de l'évaporation du sol ; cette relation est linéaire avec le taux de couverture du sol.

Nous conseillons à minima de déterminer la couverture du sol au moment des semis en jetant un cercle (pneu usé de diamètre 700 mm par exemple) trois fois au niveau des carrés de rendement de 12 m² et de la déterminer avec 2 personnes visuellement.



La relation entre taux de couverture et quantité de biomasse est très dépendante de la nature du résidu et suit une loi exponentielle. Par exemple pour une même quantité de biomasse la couverture du sol est meilleure avec le brachiaria, les pailles de graminées spontanées, le maïs, le sorgho, et le coton.



Balai chimique à glyphosate pour lutter contre les adventices en post-levée des cultures

Fabrication sur place du balai chimique



Intérêt : permet sans buttage de contrôler des mauvaises herbes en culture manuelle ; on remplit le bidon de glyphosate ; le passage de la corde sur les mauvaises herbes tuent les adventices et préservent le cotonnier ; les doses d'application sont réduites.

Coût estimatif : matériel 15.000 FCFA ; main d'œuvre 5.000 FCFA

